

《目次》

Wind Energy Hamburg・・・1～6 p
CEATEC JAPAN 2014・・・10～11 p
MultiHy 2014・・・15～17 p
蠟梅 Now・・・21 p

EU PVSEC 2014・・・7～9 p
第55回電池討論会・・・12～14 p
aabc Europe 2014・・・18～20 p

Wind Energy Hamburg, H₂EXPO 2014

未来技術フォーラム神戸 板山克廣

2014年9月23日から4日間にわたり独・ハンブルグ・メッセで開催された表記展示会並びにコンファレンスに参加し、風力発電及びその補完技術としてのエネルギー貯蔵に関するドイツの動きを調査した。ドイツでは、風力(WT)やPVなどの再生可能エネルギー(RE)の導入が急速に進む中で、我が国でも問題となりつつある電力システムの安定化に加えて、電気あるいはエネルギーの短・長期間の貯蔵への対応が現実の課題となってきている。本展示会は風力発電のメッカともいえる Hamburg で隔年に開催されるが、風力発電出力の時間/季節変動を補完する有力な技術として期待される「水素利用」にその出展対象を拡げている。

併設のコンファレンスにおいても、半分以上が電気エネルギーを水素に転換する“Power to Gas”への取組みを紹介するものであった。また、環境都市 Hamburg は以前から水素利用プロジェクトの推進に力を入れており、開催期間中に Vattenfall が運営する水素ステーション“Hafen City”へのツアーも開催され、それに参加した。以下、展示会の様子、コンファレンスの概要、ツアーでの印象につき報告する。なお、本展示会の出展社数は33か国1250社、来場者約33,000人、視察団22か国24団体との発表があった。

1. 展示会の概要

Hamburger Messe の8会場を使った広大な展示スペースが使用されていた。Siemens、Gamesa、Alstom、Vestas などの大手WTメーカーも参加しているが、当然のことながら現在の主流となる150mを超える3~5MWのWTを会場内に展示できる筈もなく、スペースの殆どは商談スペースで構成されている。会場の片隅で50名程度



展示会場正面玄関

を収容するコンファレンス会場とは別に、別室での出展企業の

個別技術セミナー、話題を絞った Forum も行われ、まさに展示会というよりも商談会の色彩の濃いものであった。今後の有望市場とされる洋上風力についても同様に模型程度の展示内容で、MPI(英)、DAMEN(オランダ)、Dansk(デンマーク)、Mariaura(フィンランド)等の大手エンジニアリング会社のブースも閑散とした印象。これに対して ThyssenKrupp、NTN などの軸受けメーカー、及びコネクタ、海底ケーブル、保護装置、保守作業用部材・装備などの部品関連の展示は見応えのあるものであった。また会場玄関前におかれた NORDEX の65m長の3MW用ブレード(弱風用 N131/3000: 上掲写真)は迫力を感じさせた。同社は風況によりセル高さ、ブレードテザ

件を変えた製品を提供している。

水素関連で人気を呼んだのは FCV 試乗会。トヨタ、メルセデス、ホンダ、現代の 4 社が試乗車を提供し、順番待ちの盛況であった。一方、展示会場には後出の Clean Energy Partnership (CEP) のブースに FCV の代表として世界初の市販車“みらい”が迷彩を施し展示されていた。期待した水素製造技術関連では見るべきものはなく、EON が PV と水の電気分解を組み合わせた水素発生装置の模型を展示している程度であった。



CEP 展示代表のトヨタ“みらい”

2. コンファレンスの概要

2-1. 風力発電の世界市場動向

世界の風力発電市場につき GWEC(世界風力発電協会)が報告。2013 年は世界の WT 累積導入量が 318GW となり、その発電量シェア 2.9%はドイツの 1.8%、PV の 0.7%を抑えて RE トップの座を占める。市場を牽引するのは中国、米国、EU、インドで、2014 年以降もこれらの国々を中心に 10%/年以上の成長を続け、2018 年には年間導入量 64GW、累積では倍増に近い 600GW に迫ると予想している。電力増強ニーズの強い中国、インドでの高い伸びに加え、中南米、東南アジア、アフリカ・中東がそれぞれ数 GW レベルの有望新規市場に成長すると見ている。

一方、洋上風力の 2013 年までの累積設置量は 7GW と WT 全体の 2%強に過ぎないが、陸上での適地が枯渇しつつある EU での導入が今後進み、2015 年で 14~15GW、2020 年には 58~65GW へ急伸すると期待する。しかしここでも中国(2020 年累積導入量 30GW)が EU(同 24GW)を抜きトップの座を占める。この両地域以外では、米国、韓国、日本に 2020 年までにそれぞれ 0.5~3GW、2~4GW、1~2GW の導入が見込まれるとしている。PV 偏重の是正とより良い風況を求めて洋上風力に活路を求める日本ではあるが、その国際的認知度は高くないと言える。むしろ今回の展示会でも独自 Forum を開催した韓国の方に世界の目は向いている。

2-2. ドイツにおける RE 導入促進策の見直し

2020 年の RE 電力シェア目標 >35% に対して、2013 年実績で 25.4% と極めて順調に RE 導入が進むドイツではあるが、その半分の 13% は WT と PV による電力が占めている。その結果、社会の基盤となる電力システムの安定的維持を図るうえで、大きくは二つの問題が無視できなくなりつつある。一つは EEG 賦課金(PV 寄与分が最大)の高騰であり、二つ目が電力システム安定性と電力事業者の事業環境悪化の問題である。

ドイツの一般家庭の電気料金は €290/MWh 迄上がっており、その内 €62.4/MWh を RE 買取に伴う EEG 賦課金が占める。BDEW(ドイツの電気事業者連合会)のアンケート結果でも、条件付き賛成も含めた“RE の積極導入”=電気料金値上りを容認する声が 44% に上るのは流石ドイツと言えるが、これ以上の値上りに歯止めをかける方策も当然求められ、2014 年 8 月に EEG (RE 導入促進法)の見直しが行われた。その内容につき経済・エネルギー省から紹介があった。RE シェア 2025 年目標 40~45%、2035 年目標 55~60% を堅持する一方、RE の基軸を最もコスト競争力のある PV と陸上風力におき、それぞれ年間 2.5GW の導入と料金抑制を両立させるとする。その方策として、買取価格を前年の導入量に見合せて増減させる“flexible cap”制を導入する。実績が目標の 2.4~2.6GW ならば翌年の買取価格は 1.2% の減額となるが、それ以上ならば減額幅を大きくし、未達ならば減額幅を削減するか逆に増額すること

により目標に誘導する。更に 500kW 以上(2017 年からは 100kW 以上)の事業者に対して市場直接取引を義務化すると同時に、従来あった市場取引のためのプレミアム補助を廃止する。2017 年からは買取価格を入札価格に連動させることも検討している。電力大手の Vattenfall によると、この制度見直しにより、事業者の採算性は直接取引をサポートするパートナーの力量に大きく左右されるという。

より深刻なのは二つ目の問題である。PV と WT を合わせた電力量シェアはまだ 13%程度にすぎない。しかしその最大能力 80GW 超えはドイツの最大需要 82GW に迫り、最少需要 35GW の倍以上となる。勿論、PV と WT が同時に 100%能力を発揮することは考えられないが、気象条件の良い 6 月には、需要から RE 電力を引いた火力でカバーすべき残留需要が時間帯により 16GW から 46GW まで短時間に变化するという。BDEW は、この結果として起こるスポット価格の激しい振れ(€60~€100/MWh)が電力事業者の経営を難しくしていると主張する。最近、社会的議論となっている“電力会社の火力部門切り離し”もこのような状況が背景となっている。さらにドイツの場合には季節間の発電量変動の問題も大きい。特に PV では日照量低下、降雪影響により冬季には発電量が一桁下がる。短時間の出力変動調整と同時に長期間の出力平準化が RE 電力シェア目標達成に向けた重要課題となっている。

変動電力の平準化の方策としてまず考えられるのは、日本でも議論されている RE の出力調整であり、今回の制度見直しでも 500kW(2017 年以降は 100kW)以上の事業者に遠隔指令対応設備が義務化された。また以前より取り組まれている方策であるが、南北の広域連携を強化することにより電力需給バランスを平準化することも有効である(Power Grid Extension Act)。しかしながら住民、地方自治体の反対で 24 の送電線建設のうち 15 のプロジェクト計画が大幅に遅延、あるいは実施の見通しが立っていない。今回の見直しでは、電力会社の提案をベースに今後 10 年間の送電網増強計画(Scenario framework 2015)を策定し、2016 年の法制化を行うとしている。更に需給バランス調整を短時間にきめ細かく行うためには一定程度の蓄電能力の確保も不可欠との認識のもと、2013 年から“Batteries 2020 Project”のなかで新蓄電池の開発・利用技術に取り組んでいる。しかしこれらの方策のみでは将来の 100%RE 化社会への対応は不十分と考えられている。そこで登場するのが次に述べる“Power to Gas”による“新たなエネルギー社会システムの構築”の概念である。

2-3. “水素社会”に突き進むドイツ

大量の余剰電力、短~長期電力需給バランス変動を生じさせる 100%RE 社会に電力システムだけで対応すると、送電網建設、蓄電池などに膨大なコストがかかる。また、技術的、経済的にも季節を跨る大量の電力の貯蔵は難しい。それに替わるのが電力を化学エネルギー(水素)に変えて貯蔵する Power to Gas である。EON によると、800MW の発電所(原子力一基分)を賄うエネルギーに換算すると、石炭では 15 万 t 級船で 35 日分、LNG タンク一基で 17 日分、揚水発電一基で 6 時間分、空気圧縮貯蔵で 1.4 時間分であるのに対し、水素ガスタンク一基で 5 日分という。つまり発電用化石燃料を除くと、GWh~TWh 規模のエネルギー貯蔵が長期間に亘り可能なのは化学キャリアである水素ガスが唯一のものとなる。電気は、それを送る為に 50 万 V/2000A レベルの高圧送電線が必要であり、前述のようにその敷設には抵抗も大きい。これに対してガスは 60cm φ のガス管一本で同量のエネルギーを送れる。ドイツの場合には、ガス配管網が縦横に張り巡らされており、また塩坑跡を地下貯蔵に活用すれば、ガスの輸送、貯蔵に必要なインフラ投資は大幅に低下する。このように Power to Gas が余剰電力対策の有力な選択肢として浮上してきている。

EON はコスト低減を見込める 10~20 年先を睨んで、風力発電の余剰電力を水素に変換し都市

ガスとして利用する技術に取り組んでいる。ドイツ北東部の Falkenhagen 変電所は接続申し込みのあったものも含めると 2.5GW の RE 電力を扱うが、既に余剰電力の処理が問題となっている。そこで SWISSGAS と組んで、2MW 能力のアルカリ型水電気分解装置で 360m³/h の水素を製造し都市ガスラインへ供給する実証試験を行っている。さらに 2015 年操業を目指してハイブリッドでの PEM 型による 1MW/265 m³/h の水素製造とガス供給を準備中。都市ガスへの混入は通常用途では 5%レベルまで問題ないとされるが、産業用途(特に発電事業者)では高濃度混入に抵抗があり、現状 1%に抑えざるを得ないのが課題として挙げられた。

このような取り組みは国家プロジェクト NIP(National Hydrogen Fuels Innovation Program)の枠組みで行われており、それを推進する産業エネルギー省傘下の DENA(Deutsche Energie Agentur)によると 20 以上に及ぶプロジェクトがドイツ各都市で推進されている。いずれも水素、あるいは CO₂ との合成によるメタンを製造・貯蔵し、それを発電、工場供給、車燃料に活用するものである。その例として、ベルリン空港、マインツ・エネルギーパーク、エルベ下流インフラ集積基地のプロジェクトがそれぞれを推進する機関・企業より紹介された。これらはいずれも実証フェーズ事業の位置づけであるが、情報プラットフォームを構築しこれらの成果を他都市へ展開する仕組みとなっている。

2-4. “水素社会”に向けた輸送機燃料の水素化と安全対策

本格的な水素利用を社会で実現する鍵は、輸送機燃料としての活用の可否と考えられている。日本でも、排出ガスを一切出さない燃料電池車(FCV)を電気自動車(EV)と並ぶ環境対策の決め手としてその実用化が推進されているが、EU ではそれに加えて余剰電力の使い道、あるいは貯蔵、輸送の手段としての位置づけが大きい。輸送機燃料の水素化で水素の生産量が飛躍的に増加し、製造コストの大幅削減に繋がるという理屈である。今回のコンファレンスでも、NEDO が招かれ日本の FCV 取組みについての紹介を行ったが、化石燃料由来の水素あるいは輸入液体水素に頼るコスト重視の取組みに対し聴衆から疑問が呈された。実用化を急ぐ日本と、エネルギー変革に向けた将来への備えと考える EU の基本的な発想の違いを感じた。

FCV の普及に当たっては、日本と同様に所謂“鶏と卵”問題を解消するためのインフラ整備＝水素供給ステーション(HRS)網への先行投資が必須となる。ドイツでは、車メーカー、水素・燃料供給メーカー 6 社が中心となって Initiative H₂Mobility を推進し、2014 年度中に J/V を立ち上げる計画となっている。これも前出の NIP の枠組みで行われており、ここにトヨタ、日産も協力会社として名を連ねている。2030 年迄にドイツ全土をカバーする 1000 ヶ所の設置に向けて、2015 年中に取り敢えず 50 か所設置するのが目標(コンファレンスの時点では 15 か所が完成)とのこと。問題となるのは HRS の安全対策。現実には、後に紹介する Hamburg の HRS では、大事には至らなかったがオープン直後の 2012 年 3 月に HRS 高圧タンクからの水素漏れ事故を、そして翌年には石油精製工場の大火災事故を経験している。同市は FCV ハイブリッドバスを 2020 年から毎年 20~30 台増強する予定で、260 台を収容する車庫並びに水素貯蔵設備(12.9t/3 日分)の建設認可に向けたフェーズビリティスタディを海外バス会社も含む 24 社で慎重に行っている。立地が計画されている地区は、住宅に加えて学校・病院・電車路線等の公共施設にも隣接している。ワット水素製造、高圧(200/400bar)トレーラー輸送、貯蔵タンク、圧縮・充填作業などにおけるリスクを詳細に検討し、2016 年春着工を目指しているとのこと。

水素ガス自体は、ガolinや LNG に比較すると比重が軽く大気中に直ぐ拡散することに加え、爆発限界、爆発エネルギー、着火温度、火炎温度、人体影響など危険性は比較的低い。現に前述の Hamburg での漏洩事故では、70kg の水素が漏れ屋上での水素濃度が 10~40%まで上がったにも拘わらず無事収束している。とは言え、FCV、HRS の普及で、水素関連設備、

車両が交通事故等による火災事故に巻き込まれる可能性は否定できず、その事態は想定を越えることも懸念される。Horizon 2020 では、ENSOP(仏)を拠点に“European hydrogen emergency response training program”を推進し、消防士に対する消火活動の標準化・トレーニング・広報、防災データベース・マニュアル作成を行っている。ENSOP は既存の社会インフラに水素インフラが加わった場合の防災活動について、鉄道、地下鉄、一般車両、地下駐車場、歩行者などへの影響は未知のところが多く、消火活動に並んで避難行動、報道の仕方にも工夫が要ると指摘している。

3. Hafen City Project Tour

展示会のサイトイベントとして、電力会社 Vattenfall が Hamburg 市南部の運河と公道に面する Hafen City で運営する HRS の見学会が行われた。同ステーションは、投資額€10M(NIP 補助 48%)で 2012 年 2 月に建設された。2014 年 9 月までにバスに 1,500 回(18t)、乗用車に 1,300 回(2.5t)水素を供給。未だ市販乗用車がない同市では、鉄道バス運輸会社 Hochbahn のハイブリッドバス 20 台への供給がメインの役割となっている。同バスは Mercedes 製で車体重量 13.2t、76 人乗り。



Hochbahn ハイブリッドバス

圧力 350bar、10 分で水素 35kg (5kg タンク 5 本 1,435 リッター)を充填し、約 350km の走行が可能。会場からの送迎用としても利用されたが、max140kW の Ballard 製 FC2 基から給電される 120kW リアハブ・モータ 2 機による駆動は加速性も良く、静穏性、乗り心地も良好。特徴は減速時の回生エネルギーを蓄電する LIB(26.9kW/250kW)とのハイブリッド駆動により走行距離を伸ばしていること。停車時にはこの LIB が照明、温調等に必要な電力を供給する。

同ステーションの水素供給は、送電線の電力を使った水電気分解とタンクローリーで搬送される副生ガスを 50%ずつ併用している。電解装置は 30%KOH 電解質を使った Hydrogenics 製 4 基で、60Nm³/h(130kg/d)×4 の能力。そのエネルギー効率は 62%(53.4kWh/kg)と通常言われる~70%よりやや低い。プロセス圧 8bar で製造された水素は、中圧タンク(45bar)に貯められた外部搬送水素とともに圧縮機に送られ、そこで 900bar に昇圧され



Vattenfall カタログより

800bar の高圧タンク(50L×120 本)に貯蔵される。圧縮には岩谷産業も提携している Linde 社製インコンプレッサ(圧縮比 2.8×5 段)を採用。その処理能力は 400Nm³/h とのこと。ディスプレイからの供給圧力はバス用 350bar、乗用車用 700bar としている。安全対策としては、漏洩ガスが屋外に拡散しやすいように高圧タンクを建屋上部に配置している程度で、漏洩検知器、消火設備等も特段目を惹くものはなかった。そもそも交通が激しい公道沿いの立地であるなど、日本ほど HRS を危険視していない印象である。

4. 所感

トヨタ“みらい”の発売を受け、日本でも急激に盛り上がる FCV への機運。しかしエネルギーシステム変革(Energie Wende)の中に位置づけられ推進される EU の取組みとはいささか異なる。燃料輸入を海上輸送に頼る日本は、基幹産業である自動車の国際競争力強化を求めて、LNG インフラをベースにした輸入液体水素による経済合理性のあるシステム構築へと進む。対して全面 RE

化(つまりはエネルギー完全自給)を目標とするドイツでは、変動・余剰電力対策と CO₂削減の合わせ技の一環としての取り組みとなっている。トヨタ、岩谷産業あるいはガス会社など民間事業者が FCV 普及に積極的に乗り出しているのは心強い限りであり、FCV 実用化という点では日本が一步先んじることができるかもしれない。しかし、RE 主体社会へ向かおうとしている日本にとって、RE への取り組みの先輩格のドイツの発想と取り組みは参考になる点が多い。東芝が 2020 年実用化を目標に水素による電力貯蔵にチャレンジするとの報道もあった。電力システムが大きく変わろうとしている現在、このような幅広い視点、発想からの“水素利用”への取り組み、特に水素利用普及の根幹となる水素製造コストの抜本的削減への取り組みが行われることを期待したい。

以上